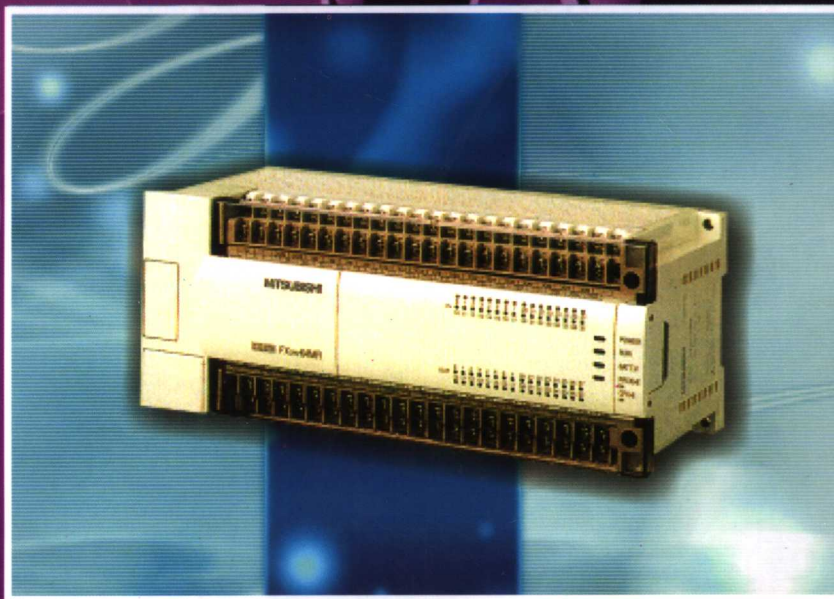


● 现代工业自动化技术应用丛书

# 可编程序控制器 技术及应用

张兴国 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

现代工业自动化技术应用丛书

# 可编程序控制器 技术及应用

张兴国 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



## 内容提要

本书是《现代工业自动化技术应用丛书》之一。

可编程序控制器作为一种新型的专门为工业控制设计的通用自动控制装置,将传统的继电器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体。其可靠性高、环境适应性强、便于使用等优点深受自动化领域技术人员普遍欢迎,学习和掌握可编程序控制器技术已成为工业自动化技术人员和高等院校相关专业学生的一项迫切任务。

本书从实际应用出发,以应用系统设计为依托,系统地介绍了可编程序控制器的工作原理、基本指令、编程方法、步进指令、应用指令及特殊功能单元模块,并结合科研成果阐述了典型控制系统的设计过程及工程实例中的应用。书中还介绍了 CC-Link 等总线技术的应用。

本书可供自动控制领域可编程序控制器应用开发的工程技术人员参考,也可以作为各类学校电气专业、机电一体化专业、自动化专业及相关专业学生的教学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器技术及应用 / 张兴国编著. —北京: 中国电力出版社, 2006

(现代工业自动化技术应用丛书)

ISBN 7-5083-4386-7

I. 可… II. 张… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 049876 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2006 年 9 月第一版 2006 年 9 月北京第一次印刷

1000 毫米×1400 毫米 B5 开本 24.25 印张 489 千字

印数 0001—4000 册 定价 38.00 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

# 序 言



现代工业自动化技术是信息社会中的关键技术和核心技术之一。自动化技术促进了人类文明的发展。实现工业生产自动化可以提高系统性能、改善劳动条件、减轻劳动强度、大幅提高生产率、节约能源、提高产品质量和经济效益。自动化设备可以代替人完成各类高危作业。

现代工业自动化系统已呈现开放性、智能化、信息化与网络化的特点，它融合了自动化技术、信息技术、现代控制技术、网络技术、通信技术、先进制造技术及现代管理学等诸多学科的先进技术，需要各学科的专家及工程技术人员通力合作，从而实现多学科专业知识与系统集成、形成实现现代工业自动化发展的手段或模式。

为了推广现代工业自动化技术的应用，总结、发展和提高我国工业自动化技术的应用水平，培养高水平的工程技术人员，帮助工作在生产第一线的工程技术人员能够及时拓展知识结构，较全面地了解和掌握现代工业自动化领域中的最新技术和应用，中国电力出版社组织编写了《现代工业自动化技术应用丛书》。

## 一、丛书的编写宗旨

团结组织工业自动化领域的专家、学者、科技工作者、工程技术人员和团体，共谋策划与编写，促进我国工业自动化技术的繁荣和发展。

## 二、丛书的编写原则

1. 以技术应用为主。理论与实践密切结合，通过剖析工程实例，介绍最新技术和产品的应用，以适应工业现场的需要。可操作性强。
2. 丛书各分册均以现场应用实际或范围划分。各分册之间既相互联系又自成体系。
3. 编委会特邀请该领域有扎实理论基础并富有实践经验的专家、学者和工程技术人员来承担编写工作。

## 三、丛书读者对象

以工程技术人员为主要读者对象，也适宜科研人员和大中专院校师生参考。

我们相信《现代工业自动化技术应用丛书》的出版必将对我国工业自动化技术的应用起到积极作用。编写出版《现代工业自动化技术应用丛书》对于我们是一种全新的尝试，难免存在一些问题，希望广大读者给予支持和帮助，我们的联系方式是 [mo-bingying@cepp.com.cn](mailto:mo-bingying@cepp.com.cn)。同时，热忱希望各行业从事工业自动化及相关技术的专家、学者、工程技术人员借此机会积极参与，将您在工作实践中获得的丰富经验总结出来，共同为提高我国工业自动化技术的应用水平做出贡献。

# 前 言



可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 简称 PLC, 自从 20 世纪 70 年代诞生以来, 经过三十余年的发展, 其各种功能与性能均获得了极大的提高与改进。PLC 作为一种新型的专门为工业控制设计的通用自动控制装置, 将传统的继电器接触器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体, 具有数据处理、程序控制、参数调节及网络数据通信等功能, 由于其可靠性高、环境适应性强、便于使用等优点, 深受自动化领域工程技术人员的普遍青睐。因而, 学习和掌握 PLC 技术已成为工业自动化技术人员和高等院校相关专业学生的一项迫切任务。

本书以三菱公司的 FX2N 系列一体化小型可编程序控制器为重点, 在编写过程中力求层次分明、便于学习, 通过书中剖析的工程实例、PLC 技术和产品在现场的应用及经验心得, 希望为广大读者提供一本通俗易懂、深入浅出的参考书, 使读者了解这门技术, 并能在工作中借鉴应用, 获得解决问题的应用思路、方法和技术。书中的内容循序渐进, 以工程实例应用系统设计为依托, 系统地介绍了 PLC 的工作原理、基本指令、编程方法、步进指令、应用指令及特殊功能单元模块, 结合科研成果详细阐述了典型控制系统的设计过程及工程实例中的应用, 书中还介绍了 CC—Link 等总线技术的应用。

本书由张兴国编著, 全书共 8 章。第 1 章、第 2 章介绍了 PLC 的产生与发展、基本结构和工作原理; 第 3 章结合实例着重说明了 FX2N 系列 PLC 的基本编程指令及编程方法; 第 4 章详细阐述了步进梯形图指令和 SFC 功能图编程, 其中的应用举例具有很强的工程实践意义; 第 5 章系统叙述了 FX2N 系列 PLC 应用指令, 应用指令大大拓宽了 PLC 的应用范围, FX2N 系列 PLC 的应用指令极其丰富, 主要可分为程序控制、传送与比较、算术与逻辑运算、移位与循环、数据处理、高速处理、外部输入/输出处理、设备通信等; 第 6 章介绍了 FX2N 系列 PLC 可用的特殊功能模块, 对模拟量控制、定位控制、网络数据通信、编程器件等给出详尽的说明; 第 7 章介绍了 PLC 的系统设计方法及设计过程中的注意事项; 第 8 章结合编者多年的 PLC 开发应用工程实例, 分析了 PLC 在控制系统中的应用情况。

本书可供自动控制领域 PLC 应用开发的工程技术人员使用, 也可以作为各类学校电气专业、机电一体化专业、自动化专业及相关专业学生的教学用书。书中部分章节的编写主要参照了三菱公司的技术资料 and 同行作者的有关文献, 在此无法一一列举, 编者对所列主要参考文献的作者, 表示衷心的感谢! 另外, 还要感谢南通

大学朱龙彪、徐海黎等同事为本书编著所做的工作。

由于时间仓促，书中涉及内容较为广泛，加之编者水平有限，错误与不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

**编 者**

# 目 录



## 序言 前言

## 第1章 可编程序控制器概述 ..... (1)

- 1.1 可编程序控制器的定义 ..... (1)
- 1.2 可编程序控制器的产生及发展趋势 ..... (2)
  - 1.2.1 可编程序控制器的产生与发展 ..... (2)
  - 1.2.2 可编程序控制器的发展趋势及展望 ..... (3)
- 1.3 可编程序控制器的功能特点及应用领域 ..... (4)
  - 1.3.1 可编程序控制器的特点 ..... (4)
  - 1.3.2 可编程序控制器的应用领域 ..... (6)
- 1.4 可编程序控制器的分类、性能指标与典型产品 ..... (7)
  - 1.4.1 可编程序控制器的分类 ..... (7)
  - 1.4.2 可编程序控制器的性能指标 ..... (9)
  - 1.4.3 可编程序控制器的典型产品 ..... (9)

## 第2章 可编程序控制器结构组成 与工作原理 ..... (12)

- 2.1 可编程序控制器的结构组成 ..... (12)
  - 2.1.1 可编程序控制器的基本组成 ..... (12)
  - 2.1.2 可编程序控制器各组成部分的作用 ..... (12)

- 2.2 可编程序控制器的编程语言 ..... (15)
  - 2.2.1 梯形图编程语言 (LAD) ..... (15)
  - 2.2.2 指令语句表编程语言 (STL) ..... (16)
  - 2.2.3 功能图编程语言 (SFC) ..... (17)
- 2.3 可编程序控制器的工作原理 ..... (18)
  - 2.3.1 可编程序控制器的等效电路 ..... (18)
  - 2.3.2 可编程序控制器的工作过程 ..... (20)
- 2.4 三菱 FX2N 系列可编程序控制器简介 ..... (22)
  - 2.4.1 FX2N 系列可编程序控制器的主要特点 ..... (22)
  - 2.4.2 FX2N 系列可编程序控制器系统配置 ..... (24)
  - 2.4.3 FX2N 系列可编程序控制器外围设备 ..... (26)

## 第3章 可编程序控制器编程 基本指令及编程 ..... (28)

- 3.1 FX2N 系列可编程序控制器编程器件 ..... (28)
  - 3.1.1 输入继电器 (X) ..... (28)
  - 3.1.2 输出继电器 (Y) ..... (29)
  - 3.1.3 辅助继电器 (M) ..... (30)
  - 3.1.4 状态器 (S) ..... (31)
  - 3.1.5 定时器 (T) ..... (32)
  - 3.1.6 计数器 (C) ..... (33)

|        |                                         |      |
|--------|-----------------------------------------|------|
| 3.1.7  | 数据寄存器 (D)                               | (36) |
| 3.1.8  | 变址寄存器 (V/Z)                             | (37) |
| 3.1.9  | 指针 (P/I)                                | (37) |
| 3.1.10 | 常数 (K/H)                                | (37) |
| 3.2    | FX2N 系列可编程序控制器<br>编程基本指令                | (38) |
| 3.2.1  | 逻辑取及线圈驱动指令<br>(LD、LDI、OUT)              | (38) |
| 3.2.2  | 触点串联指令 (AND、ANI)                        | (38) |
| 3.2.3  | 触点并联指令 (OR、ORI)                         | (39) |
| 3.2.4  | 串联电路块的并联指令<br>(ORB)                     | (40) |
| 3.2.5  | 并联电路块的串联指令<br>(ANB)                     | (41) |
| 3.2.6  | 置位与复位指令 (SET、RST)                       | (43) |
| 3.2.7  | 脉冲输出指令 (PLS、PLF)                        | (43) |
| 3.2.8  | 计数器、定时器的 OUT/RST<br>指令                  | (45) |
| 3.2.9  | 脉冲式操作指令 (LDP、LDF、<br>ANDP、ANDF、ORP、ORF) | (46) |
| 3.2.10 | 逻辑堆栈操作指令 (MPS、<br>MRD、MPP)              | (48) |
| 3.2.11 | 主控及主控复位指令 (MC、<br>MCR)                  | (49) |
| 3.2.12 | 逻辑运算取反指令 (INV)                          | (50) |
| 3.2.13 | 空操作指令 (NOP)                             | (51) |
| 3.2.14 | 程序结束指令 (END)                            | (52) |
| 3.3    | 可编程序控制器梯形图<br>编程规则及方法                   | (52) |
| 3.3.1  | 梯形图编程的基本规则                              | (52) |
| 3.3.2  | 常闭触点输入的处理                               | (54) |

|       |                                |      |
|-------|--------------------------------|------|
| 3.4   | 可编程序控制器常用基本<br>电路及实例编程         | (57) |
| 3.4.1 | 瞬时接通延时断开电路                     | (57) |
| 3.4.2 | 延时接通延时断开电路                     | (57) |
| 3.4.3 | 闪烁电路                           | (57) |
| 3.4.4 | 单脉冲电路                          | (58) |
| 3.4.5 | 报警电路                           | (59) |
| 3.4.6 | 智能抢答器                          | (59) |
| 3.4.7 | 笼型三相异步电动机<br>“Y— $\Delta$ ” 起动 | (61) |
| 3.4.8 | 送料小车自动循环控制                     | (62) |
| 3.4.9 | 交通信号灯控制                        | (62) |

## 第4章 步进梯形图指令和 SFC 功能图编程 (66)

|       |                            |      |
|-------|----------------------------|------|
| 4.1   | 步进梯形图指令及其应用                | (66) |
| 4.1.1 | 步进梯形图指令 (STL/RET)<br>说明    | (66) |
| 4.1.2 | 步进梯形图指令 (STL/RET)<br>应用    | (67) |
| 4.2   | 步进梯形图指令的动作与<br>SFC 图关系     | (69) |
| 4.2.1 | 步进梯形图指令的作用                 | (69) |
| 4.2.2 | 步进梯形图指令动作与 SFC<br>图对应关系    | (70) |
| 4.2.3 | SFC 图编程用设备                 | (70) |
| 4.3   | SFC 流程的形态及编制<br>SFC 图的预备知识 | (71) |
| 4.3.1 | SFC 图的形态                   | (71) |
| 4.3.2 | 编制 SFC 流程的预备知识             | (74) |
| 4.4   | SFC 基本编程                   | (76) |
| 4.4.1 | 初始状态编程                     | (76) |
| 4.4.2 | 中间状态编程                     | (77) |
| 4.4.3 | 分支与汇合状态的编程                 | (79) |
| 4.5   | 单流程控制 SFC 编程实例和<br>分析      | (83) |

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 4.5.1 闪烁回路 SFC 编程示例            | (83) |
| 4.5.2 喷泉喷水控制系统                 | (83) |
| 4.5.3 凸轮轴旋转控制系统                | (83) |
| 4.5.4 多台电动机顺序启动与停止<br>控制系统     | (85) |
| 4.6 选择性分支与汇合控制<br>SFC 编程实例和分析  | (88) |
| 4.7 并行分支与汇合控制 SFC<br>编程实例和分析   | (89) |
| 4.8 状态初始化指令 FNC 60<br>(IST) 简介 | (91) |

## 第5章 可编程序控制器编程应用指令 (93)

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 5.1 应用指令基本规则                       | (93)  |
| 5.1.1 应用指令的表示形式                    | (93)  |
| 5.1.2 应用指令的可用软元件、<br>数据长度与指令类型     | (94)  |
| 5.1.3 应用指令内的数据处理                   | (95)  |
| 5.1.4 变址寄存器 V、Z                    | (97)  |
| 5.2 应用指令阅读方法                       | (99)  |
| 5.3 程序流程应用指令 (FNC 00<br>~ FNC 09)  | (100) |
| 5.3.1 条件跳转                         | (100) |
| 5.3.2 子程序调用与返回                     | (102) |
| 5.3.3 中断                           | (103) |
| 5.3.4 主程序结束                        | (105) |
| 5.3.5 监视定时器                        | (106) |
| 5.3.6 循环                           | (107) |
| 5.4 传送与比较应用指令<br>(FNC 10 ~ FNC 19) | (108) |
| 5.4.1 比较                           | (108) |
| 5.4.2 区间比较                         | (109) |
| 5.4.3 传送                           | (110) |
| 5.4.4 移位传送                         | (110) |
| 5.4.5 取反传送                         | (113) |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 5.4.6 成批传送                          | (113) |
| 5.4.7 多点传送                          | (115) |
| 5.4.8 交换                            | (115) |
| 5.4.9 BCD 交换                        | (115) |
| 5.4.10 BIN 交换                       | (117) |
| 5.5 四则逻辑运算指令 (FNC 20 ~<br>FNC 29)   | (118) |
| 5.5.1 BIN 加法                        | (118) |
| 5.5.2 BIN 减法                        | (118) |
| 5.5.3 BIN 乘法                        | (119) |
| 5.5.4 BIN 除法                        | (120) |
| 5.5.5 BIN 加 1 运算和 BIN 减 1<br>运算     | (121) |
| 5.5.6 逻辑与、逻辑或和逻辑异<br>或运算            | (122) |
| 5.5.7 求补码运算                         | (123) |
| 5.6 循环移位指令 (FNC 30 ~<br>FNC 39)     | (124) |
| 5.6.1 循环右移和循环左移                     | (124) |
| 5.6.2 带进位循环右移和带进位<br>循环左移           | (124) |
| 5.6.3 位右移和位左移                       | (126) |
| 5.6.4 字右移和字左移                       | (128) |
| 5.6.5 移位写入和移位读出                     | (128) |
| 5.7 数据处理指令 (一)<br>(FNC 40 ~ FNC 49) | (131) |
| 5.7.1 成批复位                          | (131) |
| 5.7.2 译码和编码                         | (132) |
| 5.7.3 求置 ON 位总和与 ON 位<br>判断         | (134) |
| 5.7.4 平均值                           | (135) |
| 5.7.5 报警器置位和报警器复位                   | (135) |
| 5.7.6 BIN 开方运算和 BIN 整数→<br>二进制浮点数转换 | (137) |
| 5.8 高速处理指令 (FNC 50 ~<br>FNC 59)     | (138) |
| 5.8.1 输入/输出刷新                       | (139) |

|         |                                                |             |         |                                   |
|---------|------------------------------------------------|-------------|---------|-----------------------------------|
| 5.8.2   | 刷新和滤波时间调整                                      | ··· (140)   | ASCII 码 | ····· (174)                       |
| 5.8.3   | 矩阵输入                                           | ····· (140) | 5.11.4  | 将 ASCII 码转换成十六进制数                 |
| 5.8.4   | 比较置位 (高速计数器)、<br>比较复位 (高速计数器)<br>和区间比较 (高速计数器) | ····· (141) | 5.11.5  | 校验码                               |
| 5.8.5   | 脉冲密度和脉冲输出                                      | ··· (144)   | 5.11.6  | 模拟量读出 (电位器值<br>读出)                |
| 5.8.6   | 脉宽调制和带加减速脉冲输出                                  | ····· (146) | 5.11.7  | 电位器刻度                             |
| 5.9     | 方便指令 (FNC 60 ~ FNC 69)                         | ····· (149) | 5.11.8  | PID 运算                            |
| 5.9.1   | 状态初始化                                          | ····· (149) | 5.12    | 浮点数运算指令<br>(FNC 110 ~ FNC 139)    |
| 5.9.2   | 数据检索                                           | ····· (150) | 5.12.1  | 二进制浮点数比较                          |
| 5.9.3   | 绝对值式凸轮控制                                       | ····· (152) | 5.12.2  | 二进制浮点数区间比较                        |
| 5.9.4   | 增量式凸轮控制                                        | ····· (153) | 5.12.3  | 二进制浮点数→十进制<br>浮点数变换               |
| 5.9.5   | 示教定时器                                          | ····· (154) | 5.12.4  | 十进制浮点数→二进制<br>浮点数变换               |
| 5.9.6   | 特殊定时器                                          | ····· (155) | 5.12.5  | 二进制浮点数加法                          |
| 5.9.7   | 交替输出                                           | ····· (156) | 5.12.6  | 二进制浮点数减法                          |
| 5.9.8   | 斜坡输出                                           | ····· (156) | 5.12.7  | 二进制浮点数乘法                          |
| 5.9.9   | 旋转工作台控制                                        | ····· (157) | 5.12.8  | 二进制浮点数除法                          |
| 5.9.10  | 列表数据排序                                         | ····· (159) | 5.12.9  | 二进制浮点数开方                          |
| 5.10    | 外部设备 I/O (FNC 70 ~<br>FNC 79)                  | ····· (160) | 5.12.10 | 二进制浮点数→二进制<br>整数变换                |
| 5.10.1  | 十键输入                                           | ····· (160) | 5.12.11 | 浮点数 SIN 运算                        |
| 5.10.2  | 十六键输入                                          | ····· (161) | 5.12.12 | 浮点数 COS 运算                        |
| 5.10.3  | 数字开关                                           | ····· (164) | 5.12.13 | 浮点数 TAN 运算                        |
| 5.10.4  | 七段码译码                                          | ····· (165) | 5.13    | 数据处理指令 (二)<br>(FNC 140 ~ FNC 149) |
| 5.10.5  | 带锁存七段码显示                                       | ····· (166) | 5.14    | 定位指令 (FNC 150 ~<br>FNC 159)       |
| 5.10.6  | 方向开关                                           | ····· (166) | 5.14.1  | ABS 当前值读取                         |
| 5.10.7  | ASCII 码转换                                      | ····· (168) | 5.14.2  | 原点回归                              |
| 5.10.8  | ASCII 码打印输出                                    | ····· (169) | 5.14.3  | 可变速脉冲输出                           |
| 5.10.9  | 读特殊功能模块                                        | ····· (170) | 5.14.4  | 相对位置控制                            |
| 5.10.10 | 写特殊功能模块                                        | ····· (171) | 5.14.5  | 绝对位置控制                            |
| 5.11    | 外部设备 SER 指令<br>(FNC 80 ~ FNC 89)               | ····· (172) |         |                                   |
| 5.11.1  | 串行数据传送                                         | ····· (172) |         |                                   |
| 5.11.2  | 八进制位传送                                         | ····· (174) |         |                                   |
| 5.11.3  | 将十六进制数转换成                                      |             |         |                                   |

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| 5.15 其他应用指令 .....                       | (210) |
| 5.15.1 时钟运算指令 (FNC160 ~ FNC169) .....   | (210) |
| 5.15.2 格雷码 (FNC 170 ~ FNC 171) .....    | (211) |
| 5.15.3 触点比较指令 (FNC 220 ~ FNC 249) ..... | (211) |

## 第6章 特殊功能模块及应用

|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| .....                                         | (213) |
| 6.1 模拟量输入/输出模块 ...                            | (213) |
| 6.1.1 FX0N—3A 模拟量输入/输出模块 .....                | (213) |
| 6.1.2 FX2N—2AD 模拟量输入模块 .....                  | (214) |
| 6.1.3 FX2N—4AD 模拟量输入模块 .....                  | (219) |
| 6.1.4 FX2N—4AD - PT 模拟量特殊功能模块 .....           | (225) |
| 6.1.5 FX2N—4AD - TC 模拟量特殊功能模块 .....           | (228) |
| 6.1.6 FX2N—2DA 模拟量输出模块 .....                  | (232) |
| 6.1.7 FX2N—4DA 模拟量输出模块 .....                  | (237) |
| 6.2 定位控制单元模块 .....                            | (242) |
| 6.2.1 FX2N—1PG 脉冲发生器单元 .....                  | (242) |
| 6.2.2 FX2N—10GM/FX2N - 20GM 定位控制器 .....       | (250) |
| 6.3 数据通信接口模块 .....                            | (267) |
| 6.3.1 CC-Link 系统 FX2N - 16CCL - M 主站模块 .....  | (267) |
| 6.3.2 CC-Link 系统 FX2N - 32CCL 接口模块 .....      | (280) |
| 6.3.3 远程 I/O 连接系统 FX2N - 16LNK - M 主站模块 ..... | (288) |
| 6.3.4 Profibus FX0N - 32NT - DP 接口模块 .....    | (290) |

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 6.3.5 Profibus FX0N - 32DP - IF 接口模块 ..... | (290) |
| 6.3.6 其他数据通信接口模块 .....                     | (291) |
| 6.4 FX2N - 1HC 高速计数模块 .....                | (291) |
| 6.5 图形操作终端 .....                           | (295) |
| 6.6 计算机编程软件及简易编程器 .....                    | (303) |
| 6.6.1 FX—PCS/WIN—C/FX—PCS/WIN-E 编程软件 ...   | (303) |
| 6.6.2 FX—20P 型简易编程器 .....                  | (306) |

## 第7章 可编程序控制器系统设计

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| .....                        | (312) |
| 7.1 可编程序控制器系统总体方案设计 .....    | (312) |
| 7.1.1 可编程序控制器系统类型 .....      | (312) |
| 7.1.2 可编程序控制器系统的运行方式 .....   | (314) |
| 7.1.3 可编程序控制器系统设计一般流程 .....  | (314) |
| 7.2 可编程序控制器系统硬件设计 .....      | (316) |
| 7.2.1 可编程序控制器系统硬件设计依据 .....  | (316) |
| 7.2.2 可编程序控制器的选型 .....       | (316) |
| 7.2.3 可编程序控制器系统硬件设计文件 .....  | (318) |
| 7.3 可编程序控制器系统软件设计 .....      | (318) |
| 7.3.1 可编程序控制器系统软件设计的内容 ..... | (319) |
| 7.3.2 程序设计方法 .....           | (319) |
| 7.4 可编程序控制器系统供电              |       |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 设计 & 接地设计 .....                | (322) |
| 7.4.1 可编程序控制器系统供电设计 .....      | (322) |
| 7.4.2 可编程序控制器系统接地设计 .....      | (323) |
| 7.5 可编程序控制器使用中的几个问题 .....      | (325) |
| 7.5.1 节省输入/输出点的方法 .....        | (325) |
| 7.5.2 可编程序控制器系统设计中其他注意问题 ..... | (327) |

## 第8章 可编程序控制器应用实例 .....

(330)

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| 8.1 电子气动移置机械手系统设计 .....              | (330) |
| 8.1.1 概述 .....                       | (330) |
| 8.1.2 电子气动移置机械手系统结构组成 .....          | (330) |
| 8.1.3 电子气动移置机械手工艺要求 .....            | (332) |
| 8.1.4 电子气动移置机械手控制系统 .....            | (333) |
| 8.2 可编程序控制器在 NH 型捏合机控制系统改造中的应用 ..... | (337) |
| 8.2.1 概述 .....                       | (337) |
| 8.2.2 NH 型捏合机 .....                  | (337) |
| 8.2.3 NH 型捏合机可编程序控制器控制系统 .....       | (339) |
| 8.2.4 应用系统设计结论 .....                 | (343) |
| 8.3 伺服电动机控制系统设计 .....                | (343) |
| 8.3.1 伺服电动机控制系统组成 .....              | (343) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 8.3.2 伺服电动机控制系统触摸屏控制界面设计 .....  | (344) |
| 8.3.3 伺服电动机参数设置 .....           | (347) |
| 8.3.4 伺服电动机控制系统软件程序设计 .....     | (348) |
| 8.4 中立柱喷胶机器人控制系统设计 .....        | (353) |
| 8.4.1 概述 .....                  | (353) |
| 8.4.2 喷胶机器人机械系统 .....           | (354) |
| 8.4.3 喷胶机器人控制系统 .....           | (354) |
| 8.4.4 应用系统设计结论 .....            | (356) |
| 8.5 可编程序控制器在电梯控制系统中的应用 .....    | (356) |
| 8.5.1 概述 .....                  | (356) |
| 8.5.2 电梯模拟系统控制要求 .....          | (356) |
| 8.5.3 电梯模拟系统控制系统 .....          | (357) |
| 8.6 可编程序控制器在自动包装机上的应用 .....     | (363) |
| 8.6.1 概述 .....                  | (363) |
| 8.6.2 工艺控制流程 .....              | (363) |
| 8.6.3 双秤包装机控制系统 .....           | (364) |
| 8.7 基于 CC—Link 的并条生产系统的研究 ..... | (367) |
| 8.7.1 概述 .....                  | (367) |
| 8.7.2 CC—Link 概述 .....          | (368) |
| 8.7.3 系统硬件结构设计 .....            | (368) |
| 8.7.4 系统的应用软件设计 .....           | (370) |
| 8.7.5 变频器远程设备站程序编制 .....        | (371) |
| 8.7.6 系统设计结论 .....              | (373) |

## 参考文献 .....

(374)

# 第1章 可编程序控制器概述

电气控制系统的发展是由继电接触器控制系统开始的。继电接触器控制系统中采用的是有触点控制器件接触器、继电器、刀开关、按钮等,来实现对控制对象运行状态的控制,习惯上又称为电气控制。这种控制方式自动化程度低、控制精度差,但具有简便、成本低、维护容易等优点,可以实现电动机的起动、正反转、制动、停车及有级调速控制等,至今仍广泛应用于对控制要求不高的场合。随着晶体管、晶闸管等半导体器件问世,控制系统中出现了无触点控制器件,这类控制器件具有效率高、反应快、寿命长、体积小、重量轻等优点,使得控制系统的自动化程度、安全程度、控制速度和控制精度都大大提高。

计算机技术的进步与发展推动自动控制系统中出现了数字控制技术、可编程控制技术,使自动控制系统进入现代控制系统的崭新阶段。总之,大功率半导体器件、大规模集成电路、计算机控制技术、检测技术及现代控制理论的发展,推动了电气控制技术的不断进步。而可编程序控制器作为一种新型的通用自动控制装置,具有可靠性高、环境适应性强和操作简便等优点,广泛应用于自动化控制领域,深受工程技术人员的厚爱。

## 1.1 可编程序控制器的定义

可编程序控制器是在继电接触器控制和计算机控制基础上开发的工业自动控制装置。早期的可编程序控制器在功能上只能进行逻辑控制,替代以继电器、接触器为主的各种顺序控制。因此,称它为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller),简称 PLC。

进入 20 世纪 80 年代以来,由于计算机技术和微电子技术的迅猛发展,极大地推动了可编程序控制器的发展,使其功能日益增强,更新换代明显加快。随着技术的发展,国外一些厂家采用微处理器 (Microprocessor) 作为中央处理单元,使其功能大大增强。它不仅具有逻辑运算功能,还具有算术运算、模拟量处理和通信联网等功能,PLC 这一名称已不能准确反映它的特性。因此,1980 年美国电气制造商协会 (NEMA, National Electrical Manufacturers Association) 将它命名为可编程序控制器 (Programmable Controller),缩写为 PC,但由于个人计算机 (Personal Com-

puter) 也简称 PC, 为避免混淆, 可编程序控制器习惯上仍称为 PLC。

PLC 一直在发展中, 直到目前为止, 还未能对其下最后的定义。国际电工委员会 (IEC, International Electrotechnical Commission) 在对前两次颁布的 PLC 标准草案修订基础上于 1987 年 2 月颁发了第三稿, 草案中对 PLC 的定义是: “可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 是专门为在工业环境下应用设计的, 它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则设计。”

总之, PLC 是一台计算机, 是专为工业环境应用而设计制造的计算机, 它具有丰富的输入/输出接口, 并且具有较强的驱动能力。但 PLC 产品并不是针对某一具体工业应用, 在实际应用时, 其硬件需根据实际需要选用配置, 其控制程序则采用 PLC 自身语言根据用户控制要求进行设计。



## 1.2 可编程序控制器的产生及发展趋势

### 1.2.1 可编程序控制器的产生与发展

在 PLC 出现之前, 生产线的控制多采用继电器接触器控制系统。所谓继电器接触器控制系统是指, 由各种自动控制电器组成的电器控制线路。它经历了比较长的历史。其特点为结构简单、价格低廉、抗干扰能力强, 能在一定范围内满足单机和自动生产线的需要。但是它有明显的缺点, 主要体现在它是有触点的控制系统, 触点繁多, 组合复杂, 因而可靠性差。此外, 它是采用固定接线的专用装置, 灵活性差, 不能满足程序经常改变、控制要求比较复杂的场合。因此, 它制约了日新月异的工业发展。于是人们寻求研制一种新型的通用控制设备, 取代原有的继电器接触器控制系统。

20 世纪 60 年代末期, 美国汽车制造工业竞争激烈, 为了使汽车型号不断翻新, 缩短新产品的开发周期, 1968 年美国通用汽车公司 (GM) 提出研制 PLC 的基本设想。1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 根据上述要求研制出了世界第一台 PLC。

自第一台 PLC 诞生以来, 它的发展经历了五个重要时期。

(1) 从 1969 年到 20 世纪 70 年代初期。主要特点: CPU 由中、小规模数字集成电路组成, 存储器为磁心存储器; 控制功能比较简单, 能完成定时、计数及逻辑控制; 有多个厂商推出一些典型产品, 但产品没有形成系列化; 应用的范围不是很广泛, 还仅仅是继电器接触器控制的替代产品。

(2) 20 世纪 70 年代初期到 20 世纪 70 年代末期。主要特点：采用 CPU 微处理器，存储器也采用了半导体存储器，不仅使整机的体积减小，而且数据处理能力获得很大提高，增加了数据运算、传送、比较等功能；实现了对模拟量的控制；软件上开发出自诊断程序，使 PLC 的可靠性进一步提高。这一时期的产品已初步实现了系列化，PLC 的应用范围在迅速扩大。

(3) 20 世纪 70 年代末期到 20 世纪 80 年代中期。主要特点：由于大规模集成电路的发展，推动了 PLC 的发展，CPU 开始采用 8 位和 16 位微处理器，使数据处理能力和速度大大提高，PLC 开始具有了一定的通信能力，为实现 PLC 分散控制、集中管理奠定了重要基础；软件上开发出了面向过程的梯形图语言及助记符语言，为 PLC 的普及提供了必要条件。在这一时期，发达的工业化国家多种工业控制领域开始使用 PLC 控制。

(4) 20 世纪 80 年代中期到 20 世纪 90 年代中期。主要特点：超大规模集成电路促使 PLC 完全计算机化，CPU 已经开始采用 32 位微处理器，数学运算、数据处理能力大大提高，增加了运动控制、模拟量 PID 控制等，联网通信能力进一步加强；PLC 功能在不断增加的同时，体积在减小，可靠性更高。在此期间，国际电工委员会（IEC）颁布了 PLC 标准，使 PLC 向标准化、系列化发展。

(5) 20 世纪 90 年代中期至今。主要特点：PLC 使用 16 位和 32 位微处理器，运算速度更快、功能更强，具有更强的数值运算、函数运算和大批量数据处理能力；出现了智能化模块，可以实现对各种复杂系统的控制；编程语言除了传统的梯形图、助记符语言之外，还增加了高级编程语言。

### 1.2.2 可编程序控制器的发展趋势及展望

PLC 问世以来，一直备受各国的关注：1971 年日本引入 PLC 技术；1973 年德国引入 PLC 技术；我国于 1973 年开始研制 PLC。目前世界上百家的 PLC 制造厂中，仍然是美、日、德三国占有举足轻重的地位。近年来我国 PLC 生产有了长足的发展，国内 PLC 生产厂家已达到一定规模，但与世界水平相比，我国的 PLC 研制开发和生产还比较落后。

随着计算机技术的发展，今后 PLC 将会朝着以下两个方向发展。

(1) 方便灵活和小型化。工业上大多数的单机自动控制只需要监测控制参数，而且执行的动作有限，因此小型机需求量十分巨大。所谓向小型化发展是指：向体积小、价格低、速度快、功能强、标准化和系列化发展。尤其体积小，易于装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。在结构上一些小型机采用框架和模块的组合方式，用户可根据需要选择 I/O 接口、内存容量或其他功能模块。这样，方便灵活地构成所需要的控制系统，以满足各种特殊的控制要求。

(2) 高功能和大型化。对钢铁工业、化工工业等大型企业实施生产过程的自动控制一般比较复杂，尤其实现对整个工厂的自动控制更加复杂，因此 PLC 要向

大型化发展,即向大容量、高可靠性、高速度、多功能、网络化方向发展。为获得更高速度,就需要提高 CPU 的等级。虽然,目前 PLC 的 CPU 与计算机 CPU 在共同向前发展,但 PLC 的 CPU 仍相当落后,相信不久的将来,用 PLC 取代微机的工业控制将成为现实。



### 1.3 可程序控制器的功能特点及应用领域

大规模和超大规模集成电路技术和通信技术的进步,极大地推动着 PLC 的发展,其功能不断增加、不断强大。由于 PLC 的优越特点,其应用领域也不断扩大。

#### 1.3.1 可程序控制器的特点

(1) 通用性强。PLC 是一种工业控制计算机,其控制操作功能可以通过软件编制来确定。同一台 PLC 可用于不同的控制对象,在生产工艺改变或生产线设备更新时,不必改变 PLC 硬件设备,只需改变软件就可以实现不同的控制要求,充分体现了灵活性、通用性。

(2) 可靠性高。PLC 采用了微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体集成电路完成;内部处理过程不依赖于机械触点,而是通过对存储器的内容进行读或写来完成,因此不会出现继电器接触器控制系统的接线老化、触点接触不良、触点电弧等现象。

PLC 抗干扰能力强,在输入、输出端口均采用了光电隔离,使外部电路与内部电路之间避免了直接电的联系,可有效地抑制外部电磁干扰,PLC 还具有完善的自诊断功能,检查判断故障方便。PLC 特殊的外壳封装结构,使其具有良好的密封、防尘、抗振等作用,适合于环境恶劣的工业现场。

(3) 编程简单。PLC 最大特点是采用了以继电器线路图为基础的形象编程语言——梯形图语言,直观易懂,便于掌握。梯形图语言实际是一种面向用户的高级语言,其电路符号和表达方式与继电器接触器电路接线图相当接近。操作人员通过阅读使用手册或接受短期培训就可以编制用户程序。PLC 与个人计算机联成网络或加入到集散控制系统之中时,通过在上位机上用梯形图编程,程序直接下装到 PLC,使编程更容易、更方便。

近年来又发展了面向对象的顺序控制流程图语言 (SFC, Sequential Function Chart),也称功能图,使得编程更加简单方便。

(4) 功能强大。PLC 不仅可以完成逻辑运算、计数、定时,还可以完成算术运算及 A/D、D/A 转换等。PLC 最广泛的应用场合是对开关量的逻辑运算和顺序控制,同时还可以应用于对模拟量的控制。

PLC 可以控制一台单机、一条生产线,还可控制一个机群、多条生产线;可以

现场控制，也可远距离控制；可控制简单系统，也可控制复杂系统。在大系统控制中，PLC 可以作为下位机与上位机或在同级的 PLC 之间进行通信，完成数据的处理和信息交换，实现对整个生产过程的信息控制和管理。

(5) 体积小、功耗低。由于 PLC 采用半导体集成电路，因此具有体积小、重量轻、功耗低的特点，而且设计结构紧凑坚固，易于装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。

(6) 对电源要求不高。一般的 PLC，如用直流 24V 电压供电，电压波动允许为 16 ~ 32V，如用交流 220V 电压供电，电压波动允许为 190 ~ 260V。PLC 一般用锂电池进行电源保护，对 RAM 内的用户程序具有 5 年的停电记忆功能，这给调试工作带来了极大的方便。

(7) 控制系统安装、调试方便。PLC 中含有大量的相当于中间继电器、时间继电器、计数器等功能的“元件”，如辅助继电器、定时器、计数器等，便于构成逻辑控制。而且采用程序“软接线”代替“硬接线”，安装接线工作量小，并进一步提高了系统的可靠性。设计人员可以在实验室就能完成系统的模拟运行调试工作。输入信号可通过外接小开关送入；输出信号通过观察 PLC 主机面板上相应的发光二极管获得。程序设计好后，再将 PLC 安装在现场调试。

(8) 设计施工周期短。使用 PLC 完成一项控制工程，在系统设计完成以后，现场控制柜（台）等硬件的设计及现场施工和 PLC 程序设计可以同时进行。PLC 的程序设计可以在实验室模拟调试。由于 PLC 使整个的设计、安装、接线工作量大大减少，又由于 PLC 程序设计和硬件的现场施工可同时进行，因此大大缩短了施工周期。

PLC 与目前应用于工业过程的各种实现顺序控制设备相比较，具有明显的优势。表 1-1 为继电器接触器控制系统、微机控制系统、PLC 控制系统之间的比较。

表 1-1 继电器接触器控制系统、微机控制系统、PLC 控制系统比较

| 项 目   | 继电器接触器控制系统       | 微机控制系统              | PLC 控制系统      |
|-------|------------------|---------------------|---------------|
| 功 能   | 用大量继电器布线逻辑实现顺序控制 | 用程序实现各种复杂控制，功能最强    | 用程序可以实现各种复杂控制 |
| 通 用 性 | 一般是专用            | 要进行软、硬件改造才能作其他用     | 通用性好，适应面广     |
| 可 靠 性 | 受机械触点寿命限制        | 一般比 PLC 差           | 平均无故障工作时间长    |
| 抗干扰性  | 能抗一般电磁干扰         | 要专门设计抗干扰措施，否则易受干扰影响 | 一般不用专门考虑抗干扰问题 |
| 适 应 性 | 环境差，会降低可靠性和寿命    | 工作环境要求高，如机房、实验室、办公室 | 可适应一般工业生产现场环境 |